Ref. 1

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 64-052455
(43)Date of publication of application : 28.02.1989

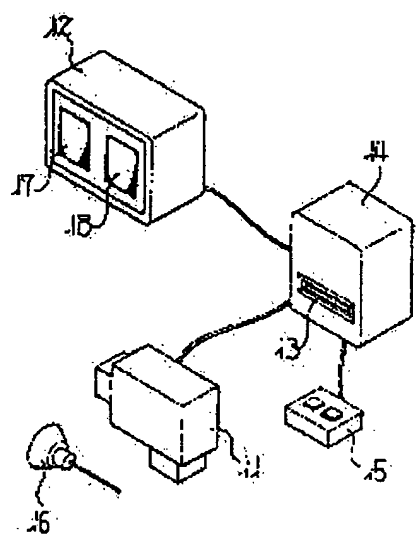
(51)Int.Cl. A61C 19/04

(21)Application number : 62-210616
(22)Date of filing : 25.08.1987

(71)Applicant : RICOH CO LTD
(72)Inventor : OIKAWA TOMOHIRO
SAKAMAKI MOTOTOSHI
YAMAGATA TAKESUKE
IBUSUKI MASUMI
FUKUSHIMA ATSUSHI
MIYAKOSHI KAZUHIRO

(54) JUDGEMENT OF TOOTH COLOR FOR PREPARING ARTIFICIAL TOOTH

(57)Abstract:
PURPOSE: To properly transmit a translucent feeling to a dental technician, by selecting the translucent feeling in displaying the color image of an adjacent tooth and displaying the translucent region or dentin shape of the teeth in a color state different from other image part.
CONSTITUTION: An adjacent tooth is photographed under a definite illumination condition by a color camera 11 to be displayed on the picture of a color CRT 12 through a controller 14 and the shape of the translucent region of the adjacent tooth 17 is displayed, for example, by a different color so as to be capable of being discriminated from the other region of the picture of the CRT 12. Herein, the dentin presence part of the teeth has no translucent feeling and this translucent feeling appears on a cut end part. Therefore, in place of the translucent region, the shape of the dentin of the teeth is displayed so as to be capable of being discriminated from the other region on the picture of the color CRT 12. By this method, each region of an artificial tooth is replaced with a shade guide visually while the color distribution of the adjacent tooth 17 displayed on the picture of the color CRT 12 is referred.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Ref. 1

⑲日本国特許庁（JP） ⑪特許出願公開
⑫公開特許公報（A） 昭64-52455

㊿Int.Cl.⁴ A 61 C 19/04 識別記号 庁内整理番号 J-6859-4C ㊸公開 昭和64年(1989) 2月28日

審査請求 未請求 発明の数 1 （全12頁）

㊹発明の名称 人工歯作製用歯色判定方法

㉑特 願 昭62-210616
㉒出 願 昭62(1987) 8月25日

㉗発明者 及川 智博 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内
㉗発明者 坂巻 資敏 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内
㉗発明者 山縣 健佑 東京都大田区北千束2丁目1番1号 昭和大学内
㉗発明者 指宿 真澄 東京都大田区北千束2丁目1番1号 昭和大学内
㉗発明者 福島 厚 東京都大田区北千束2丁目1番1号 昭和大学内
㉗発明者 宮脹 和宏 東京都大田区北千束2丁目1番1号 昭和大学内
㉑出願人 株式会社リコー 東京都大田区中馬込1丁目3番6号
㉔代理人 弁理士 柏木 明

明細書

1．発明の名称

人工歯作製用歯色判定方法

2．特許請求の範囲

カラー画像入力手段と、カラー画像表示手段と、カラー画像記憶手段と、制御手段と、制御操作手段とを備え、歯牙の色見本の色彩情報を予め前記カラー画像記憶手段に記憶させておき、患者口腔内に対する照明条件を可変させて作製すべき人工歯の隣在歯を前記カラー画像入力手段により撮影し、前記隣在歯のカラー画像を少なくとも歯牙の半透明領域又は歯牙の象牙質の形状が前記カラー画像表示手段上で他の画像部分と色を異ならせた状態で表示させ、前記カラー画像記憶手段に記憶させた色見本の色彩情報を参照してこの隣在歯の歯色を判定することを特徴とする人工歯作製用歯色判定方法。

3．発明の詳細な説明

技術分野

本発明は、歯科医療分野の補綴における人工歯作製用歯色判定方法に関する。

従来技術

一般に、歯科における審美性とは自然そのものの美しさであり、人工歯或いは補綴物を前歯部に装着させた場合に、あくまでも自然に見えることが重要である。しかるに、通常は技工士が作製した人工歯或いは補綴物の色調が患者の口腔内で他の歯牙と全く見分けがつかない程に調和することは極めて稀である。口腔内において特に人工歯の色が他の歯牙と調和しなかった時、技工士側からは歯科医による人工歯作製の色見本となるシェードガイドの選択がよくないという判断がなされ、歯科医側からは技工士による人工歯のシェードガイドとの色合わせがよくないという判断がなされる如く、両者間での責任転嫁といった問題を生ず

る。

ここに、現在、人工歯には１．焼付ポーセレン冠、２．全部陶材冠、３．光重合型の高分子材料を用いたものなどがあり、歯の一部に補綴する材料も種々ある。

何れにしても、人工歯を作製したり天然歯の一部を補綴する場合には、その色を決定しなければならないが、通常は、治療する歯の隣在歯（天然歯であることが多い）の色を参考としている。

例えば、人工歯作製時における人工歯と患者口腔内の隣在歯との色合わせは、シエードガイドと称される色見本を隣在歯と照合させることにより行なうようにしている。ここに、各社から発売されているシエードガイドは独自の色種を持っており、各々にＡ１，Ａ２，Ｃ１，Ｃ２，…の如くシエードガイド番号が記されている。このようなシエードガイドは各メーカ間で規格化されているものではないが、一般には、個々のシエードガイドは天然歯に近い材料で歯牙形状に構成されている。そして、そのシエードガイドの色を再現するためのパウダーの種類、その配合順、配合量は個々に予め決められている。従って、シエードガイドにより人工歯の色を選択すれば目的とする色に近い人工歯を作製できるシステムとされている。

現在、シエードガイドによる人工歯或いは補綴物の色の選択は、診察室において歯科医により行なわれることが多く、その視覚情報は例えば第７図に示すような指示書１により技工士に対して伝達される。この指示書１は、図示の如く、比較的細部に渡って表現されているものではあるが、基本色だけがシエードガイドにより例えばＡ２の如く選択され、各部分は「White」「Brown」といった正確さに欠ける表現が多いため、歯科医の隣在歯に対する視覚情報が技工士に伝わらないこともある。このようなことから、人工歯を作製するにあたり、技工士が診察室で直接患者の口腔内を観察し、人工歯の色合わせを行なうこともある。

このため、診察室における患者の口腔内状態が技工室においても再現され、更に歯牙の視覚情報が数値にて表現されることが望まれる。

このような観点から、歯科治療において、患者の口腔内の様子を拡大カラー表示する技術は重要であり、現実に製品化されている装置もある。これは、超小型ＣＣＤカラーカメラ、カラーテレビ、ビデオをシステム化してなるものであるが、この装置は単に口腔内を拡大カラー表示するに過ぎず、人工歯作製に供するための機能はない。

又、天然歯の色を数値化する装置が市販されているものの、臨床に使用されている例は極めて少ない。

ここで、天然歯の色調を第８図を参照して考えてみる。天然歯２に入射した入射光Ａの一部はエナメル質３表面で反射され（鏡面反射光Ｂや拡散反射光Ｃ）、光沢や凹凸を感じさせるが、殆どの入射光Ａはこのエナメル質３を透過して歯牙内部に入射する。エナメル質３に入射した光は、拡散とハイドロキシアパタイトの微細な結晶による選択的な散乱をして透過するため、オパール効果を伴い、反射光は青み若しくはグレーがかった白色で高度な半透明感がある。エナメル質３は厚い程その固有色を強調するため、殆どがエナメル質３にて構成される切端部分はエナメル質固有の色を示す。特に、切端部分の先端は形態的に厚みがないため、完全な透明に近い場合もある。一方、エナメル質３を透過して象牙質４やエナメル象牙境に達した光は、その部分で拡散されながら、その固有のスペクトルである黄橙色や褐色を唇側面に反射する。エナメル質３の厚い中央部ではエナメル質固有の色とエナメル象牙境や象牙質４の色が混色された形で見えるが、歯頸部（歯肉５に近い部分）に近づくに従いエナメル質固有の色の影響が少なくなり、エナメル象牙境や象牙質４部分の

色調が強く反映される。第８図中、Ｄは拡散透過光、Ｅは直接的な透過光（鏡面透過光）、Ｆは象牙質４で減光された鏡面透過光、Ｇは非常に減光された鏡面透過光を各々示す。又、歯頸部近くでは歯肉５の色の影響により赤みも加わる。そして、舌側面から透過する光は唇側面に反射する光量を減少し、天然歯２の暗さを表わす。この他、切端部における象牙質４の指状の構造は反射率が高いために透明性の高いエナメル質３中にあつてくつきりと浮き上がつて見え、エナメル質３中の低石灰部分やカリエスなどで脱灰された部分は光を拡散して白い帯や斑点として見える。又、天然歯２は強い蛍光性を有しており、紫外線が当たると、白色に近い黄や青の美しい蛍光を発する。

即ち、天然歯は可視光に対し半透明であり、歯牙内部まで浸透した光がエナメル質内のアパタイト結晶により多重散乱を繰返すため、天然歯の色は、照明条件、観察方向とともに大きく変化するものである。これに対し、既存の歯色測定装置はこのような多重散乱による歯色の変化を、ある限られた条件においてのみ測定しているに過ぎず、人工歯を作製するに必要な天然歯の特性値としては充分ではない。よつて、既存の歯色測定装置が臨床にて使用されることは極めて少ないものとなつている。

このように天然歯（隣在歯）の色を正確に表現することは極めて困難である。しかし、人工歯の色が患者の口腔内で他の歯牙と調和しないことが多いのは、現在の歯科補綴が、人工歯の色を決定する歯科医側と人工歯を作製する技工士側との分業システムによるものであり、その間の指示書１による情報伝達が正確でないことも大きな要因の一つである。

特に、歯牙の半透明感（半透明度及びその領域）の選択は、人工歯を作製する上で非常に重要なデータの一つとなる。この点、従来の如きシェードガイドによる目視判定では、半透明感の選択は困難である。

目的

本発明は、このような点に鑑みなされたもので、隣在歯の色を参考にしながら人工歯ないしは補正物の色を決めて人工歯ないしは補正物を作製する際に、歯牙の半透明感の選択を適正に行なうことができ、より天然歯に近いものの作製に寄与し得る人工歯作製用歯色判定方法を提供することを目的とする。

構成

本発明は、上記目的を達成するため、カラー画像入力手段と、カラー画像表示手段と、カラー画像記憶手段と、制御手段と、制御操作手段とを備え、歯牙の色見本の色彩情報を予め前記カラー画像記憶手段に記憶させておき、患者口腔内に対する照明条件を可変させて作製すべき人工歯の隣在歯を前記カラー画像入力手段により撮影し、前記隣在歯のカラー画像を少なくとも歯牙の半透明領域又は歯牙の象牙質の形状が前記カラー画像表示手段上で他の画像部分と色を異ならせた状態で表示させ、前記カラー画像記憶手段に記憶させた色見本の色彩情報を参照してこの隣在歯の歯色を判定することを特徴とするものである。

以下、本発明の一実施例を第１図ないし第６図に基づいて説明する。まず、第１図に本実施例を実施するための歯色表示装置の概略構成を示す。本装置は、カラー画像入力手段としてのカラーカメラ１１と、カラー画像表示手段としてのカラーＣＲＴ１２と、フロツピーディスク１３と、制御手段としてのコントローラ１４と、制御操作手段としてのマウス１５とを備えてなり、更に、前記カラーカメラ１１による撮影時に患者の口腔内等を照明する光源１６が設けられている。

このような装置の基本的な機能は、一定の照明条件下で同一のカラーカメラ１１で入力したシエ

ードガイドのカラー画像と患者口腔内の天然歯のカラー画像を、カラーＣＲＴ１２の同一画面上で表示比較することにより、作製すべき人工歯の色を決定することである。この時、カラー画像の任意の点のＲ，Ｇ，Ｂ信号を取出すことにより、２点間の色差を算出したり、人工歯作製の色見本となる隣在歯と最も近い色のシエードガイドを選択することも可能である。ここに、シエードガイドのカラー画像及び各点のＲ，Ｇ，Ｂ信号は装置内部のハードデイスクメモリ（カラー画像記憶手段）に記憶させ、患者口腔内の隣在歯のカラー画像の色情報及び決定後のシエードガイド番号等はフロツピーデイスク１３の如き可搬性記憶媒体に格納させる。この可搬性記憶媒体が従来の指示書に代わつて歯科医から技工士に対する情報伝達媒体となるものである。なお、診療室と技工室との照明が超高演色性蛍光灯（ＦＬ－ＥＤＬ）などにより照度も含めて統一されていれば、特に照明手段は必要としない。又、制御操作手段もマウス１５に限られるものではない。

このような構成において、本実施例方法を第２図を参照して説明する。

① まず、診療室において患者の口腔内、特に治療する歯の隣在歯を一定なる照明条件下に照明しながら、カラーカメラ１１で撮影し、コントローラ１４を介して第２図(ａ)に示す如くカラーＣＲＴ１２の画面上に表示させる。図中、カラーＣＲＴ１２には複数の歯が表示されているが、この内、例えば１７で示す歯が注目すべき隣在歯である。

ここに、口腔内の撮影に際しては、歯牙表面の水分はガーゼ等により除去し、更に、光源１６による照明光に対する歯牙とカラーカメラ１１との角度を調整し、歯牙からの直接反射光を極力少なくさせる。特に、光源１６側とカラーカメラ１１側とに偏光フイルタを用いるようにすれば、歯牙からの直接反射光を低減させた状態で撮影できる。これは、人工歯作製において隣在歯１７を参照するが、この時に色とともに重要となる点として、歯牙の表面構造及び半透明感があるからである。ここに、歯牙の表面構造とは天然歯に見られる白い帯状部、エナメル質の割れ目（エナメル葉）の中に有機質がはさまつたエナメルチエツクラインなどであり、増齢的に変化するものである。ここに、通常の照明光で天然歯をカラーカメラ１１で撮影しカラーＣＲＴ１２で表示させた場合、その色の再現性はある程度保たれるが、その直接反射光のため、歯牙表面の微細構造は再現しにくいものである。この点、光源１６とカラーカメラ１１側に偏光フイルタを介在させた時の天然歯の画像は、その照明の影響、特に直接反射光の影響をあまり受けないものとなり、歯牙表面の微細構造も再現できることになる。

② 次に、治療する歯に対する隣在歯１７を第２図(ｂ)に示すようにカラーＣＲＴ１２上で拡大表示させるとともに、画面上の適当なる位置に移動させて表示させる。このような隣在歯１７の色が人工歯作製のための色見本となる。なお、第２図(ａ)に示す表示状態を省略し、直接第２図(ｂ)に示すような拡大表示状態とさせてもよい。又、前述の如く歯牙からの直接反射光を避けて画像入力するようにしているが、必要に応じて画像処理によつて直接反射光成分を除去するようにしてもよい。更には、歯牙の輪郭強調などの画像処理を施すようにしてもよい。

③ つづいて、第２図(ｃ)に示すように、カラーＣＲＴ１２上に拡大表示されている隣在歯１７を破線の如く領域分割する。これは、隣在歯（天然歯）が前述した如く全て均一な色で構成されているわけではないので、複数の領域に分割して、各々の領域毎にシエードガイドの色に置換えるためである。即ち、隣在歯の色を参考に人工歯の色

を決定するわけであるが、天然歯（隣在歯）の色は歯肉に近い歯頸部や中央部や切端部ではそれらの色が微妙に異なるものであり、従来の如く、隣在歯の基本色だけを歯牙の色見本であるシエードガイドより選択（例えばB２）する方法では、人工歯作製に必要な色情報が正確に得られない。そこで、人工歯作製時の色見本となる隣在歯１７を領域分割し、各領域毎にシエードガイドに置換えるものである。このような隣在歯１７の領域分割の方法、分割領域数は任意であるが、例えば第２図(c)に①～⑨で示す如く９分割程度は最低限必要と思われる。更に、隣在歯１７が領域分割表示されたカラーＣＲＴ１２の同一画面上において、この隣在歯の隣に、作製しようとする人工歯の概略的な形状も同時に表示させる。これは、隣在歯１７の色を参照しながら作製しようとする人工歯の色を記入するためのものであり、ここではシエードガイド記入用歯牙１８が表示されている。このシエードガイド記入用歯牙１８も隣在歯１７の領域分割に対応させて領域分割されており、隣在歯１７の領域に対応するシエードガイド記入用歯牙１８の領域に対しシエードガイドの色又はシエードガイド番号が記入される。

ここに、本実施例によれば、同一のカラーＣＲＴ１２上にて人工歯の色見本となる隣在歯１７と歯牙の色見本であるシエードガイドとを分割した各領域毎に比較し、隣在歯の各領域をシエードガイドに置換える機能がある。この際、各カラー画像のＲ，Ｇ，Ｂ信号などを用いて両者を数値的に比較し、各領域を自動的にシエードガイドの番号に置換するのであれば、隣在歯１７の各領域につき決定したシエードガイド番号を記入すればよい（即ち、第２図(b)に示す状態のまま）。しかるに、カラーＣＲＴ１２画面上において歯科医の目視判断により隣接歯１７の各領域をシエードガイドの番号又はその色に置換える場合であれば、隣在歯１７と比色した結果を記入する歯牙、即ち、作製しようとする人工歯の形状も表示されていることが必要となる。そこで、人工歯（シエードガイド記入用歯牙１８）の形状もカラーＣＲＴ１２上に表示させる。ここに、隣在歯１７とともに表示させる人工歯の形状は、色見本となる隣在歯１７の形状をそのまま用いてよい。これは、一般に隣在歯同士は近似した歯牙形状をしているからである。しかし、作製すべき人工歯と隣在歯１７との形状が極端に異なる場合には、歯の種類によって一般的な外形形状を装置内のカラー画像記憶手段中の内部非可撓性記憶手段（ハードデイスクメモリ）中に予め入力格納しておき、このメモリ中から呼出してその形状を表示させてもよい。

ところで、天然歯（隣在歯）の色を決める時、最も難しいのは、半透明感（半透明度とその領域（形状））の認識である。天然歯がどのような半透明度を持っているか、そして、半透明感を形成している領域がどのような形状をしているかの認識は、技工士側にとって極めて重要な情報項目である。この点、カラーカメラ１１により天然歯を撮影しカラーＣＲＴ１２画面上に表示させた場合、その照明条件における天然歯の半透明感はある程度再現することができる。更には、口腔内の照明条件や天然歯の背景を変えてカラーカメラ１１で撮影入力することにより、天然歯に関する他の情報も増え、人工歯作製のための有効なデータとなる。具体的には、歯牙の裏側（背景）が濃度の高い色で構成されていれば半透明感はより鮮明となるので、カラーカメラ１１による患者口腔内の撮影時に口腔内に挿入されるカラーカメラ連結部材を濃度の高い均一な色のもので構成すれば効果的である。特に、カラーカメラ１１で天然歯を読取ったカラー画像情報なるＲＧＢ信号中には半透明感を表わす情報も含まれており、照明条件や背景の色を変えることにより、更に明確なる信号とし

て取出すことも可能である。又、口腔内の隣在歯17をカラーカメラ11によつて撮影入力する時、隣在歯17とカラーカメラ11の距離は一定であることが望ましい。又、隣在歯17とカラーカメラ11の角度を変えて入力することは画像情報を増やすという点からも必要であり、このため、カラーカメラ11と連結する部材を患者に固定し、そのある点を支点として、隣在歯17とカラーカメラ11との角度を可変させるのがよい。

ところで、歯牙の半透明感の選択は、人工歯を作製する上で非常に重要なデータの一つとなる。この点、従来の如きシエードガイドによる目視判定では、半透明感の選択は困難である。この点、本実施例では、半透明感を選択し、天然歯（隣在歯17）の半透明領域の形状を、カラーCRT12画面上で他の領域と区別できるように、例えば色を変えて表示させるものである。このような情報は技工士側においてもそのまま再現されるので、非常に有効なデータとなる。ここに、歯牙において象牙質のある部分は半透明感がなく、この半透明感は切端部に現われる。従つて、半透明領域に代えて、歯牙の象牙質の形状をカラーCRT12画面上で他の領域と区別できるように表示させても同様の効果がある。

④ しかして、第2図(c)の如くカラーCRT12画面上に表示された隣在歯17の色分布を参照しながら、目視により、人工歯（シエードガイド記入用歯牙18）の各領域を第2図(d)に示す如くシエードガイドに置換える。ここでは、シエードガイドの番号A1，B1，…等で表示しているが、シエードガイドの色で置換えるようにしてもよい。具体例として、例えば隣在歯17の領域①の色を決める場合、右側のシエードガイド記入用歯牙18における領域①相当部分につきシエードガイドの色を順次表示させ、その色と隣在歯17の領域①の色とを画面上で比較する。そして、一致ないしはほぼ一致するシエードガイドを特定する。なお、シエードガイドを表示する場所は任意であり、例えば比較する隣在歯17の領域と部分的に重なつてもよい。

又、隣在歯17の領域①についてのR，G，B信号を取出し、予め入力格納済みの人工歯作製のための色見本である各シエードガイドのR，G，B信号と比較することにより、隣在歯17の領域①の色を自動的に決めることも可能である。即ち、カラーCRT12において表示されるカラー画像の任意の点の色彩情報を数値として扱い、入力した口腔内の歯牙と色差が最小である歯牙の色見本を自動的に選択するものである。この際、このようなR，G，B信号から得られるRGB表色系で比色してもよく、又は、R，G，B信号からr，g，b信号を求めるようにしてもよい。更には、XYZ表色系などのような他の表色系に変換し、色差が最小となるシエードガイドを自動的に選択するようにしてもよい。

このように隣在歯17の各領域に対応したシエードガイドが自動的に選択される時には、前述した如きシエードガイド記入用歯牙18は必要ではなく、隣在歯17の各領域に直接シエードガイドの番号を記入させるようにしてもよい。

そして、このようなシエードガイドに関するR，G，B信号若しくはXYZ表色系などの他の表色系のデータは、予め装置内のメモリに格納させておけばよい。

ところで、現在用いられているシエードガイドは全体が均一な色で構成されているわけではなく、かつ、その表面も微細な凹凸を有し、このシエードガイド全体に対する照明条件を一定にしてカラーカメラ11で撮影したとしても、第9図に示すようにシエードガイドの各点（位置）のR，G，B出力は異なる。第9図は例えばA1モードなるシエードガイドの場合の出力特性を示す。又、シ

エードガイドは一般に歯牙の形状に構成されており、照明条件を一定としたとしても部分的に見れば照明条件が均一とならず、照明条件の差による影響も僅かながら存在するものと考えられる。

従って、シエードガイドの色を一義的に決めるには天然歯とほぼ同じ分光特性を持つ材料で、かつ、均一な色で構成されたものを用いるのがよい。しかして、本実施例ではこのような材料、色からなる第３図に示すような平板型のシエードガイド１９を色見本として用いるものである。即ち、平板型シエードガイド１９とは、色参照面が平面状態で形成されたものであり、その面におけるＲ，Ｇ，Ｂ出力のバラツキは小さいものとなる。更に、照明条件を変えたりカラーカメラ１２とシエードガイド１９との相対的な位置関係、特に角度を変えた時のシエードガイド１９についての色情報、即ちＲ，Ｇ，Ｂデータを装置内のメモリに予め記憶させておけば、非常に有効なるデータとして利用できる。

又、現在用いられているシエードガイドにも部分的には半透明感の存在する領域があるが、実際にシエードガイドにより選択されるのは隣在歯の基本色のみであり、半透明感がシエードガイドにより選択されることは少ない。従って、半透明感を段階的に示した半透明感選択用の平板型シエードガイドは人工歯作製時において有効なものとなる。

ところで、第２図(ｄ)に図示例を、縦４８０画素、横５１２画素なるカラーＣＲＴ１２の画面の約１／３の領域に１本の隣在歯１７が表示されているものとすると、９分割された個々の領域はおよそ縦１００画素、横５０画素、つまり全部で５０００画素に相当することになる。シエードガイド記入用歯牙１８側も同様である。このような条件下に、例えば領域①のＲ，Ｇ，Ｂ信号を決めるには５０００画素のＲ，Ｇ，Ｂ信号をとり、その平均値を求めるのも一つの方法である。しかるに、天然歯（隣在歯１７）はその表面の水分をガーゼ等により除去しても、その表面の微細な凹凸のため、少なからず水分が残り、カラーＣＲＴ１２上の天然歯表示画像には直接反射光を拾っている部分も存在し得る。従って、Ｒ，Ｇ，Ｂ信号の画像計測を行なうと、Ｒ，Ｇ，Ｂ信号の値が異常に高い領域があり、このようなデータは天然歯の色を測定する上で誤差を生ずる原因となる。

ちなみに、実際に天然歯又はシエードガイドを測定した結果によると、Ｒ，Ｇ，Ｂデータのばらつきを表わす標準偏差は約０．８～６．０とかなりばらついたものである。データのばらつきが小さい場合であれば、その平均値をその領域のＲ，Ｇ，Ｂ信号としてもよいが、ばらつきが大きな時にはモード値を選択したほうが誤差の少ないものとなる。又、その領域のＲ，Ｇ，Ｂ信号のヒストグラムをカラーＣＲＴ１２上に表示させ、データのばらつきを確認することも有効となる。

このようにして隣在歯１７（天然歯）の各領域毎のＲ，Ｇ，Ｂ信号を求めれば、前述のように、予め決めてある各シエードガイド１９のＲ，Ｇ，Ｂ信号と比較することにより、自動的に隣在歯１７にシエードガイドを対応させることができる。

特に、作製される人工歯の材料は、可視光域における分光特性が天然歯の分光特性に近いものであるが、完全に一致するものではなく、天然歯（隣在歯）と人工歯とを比較した場合、例えば室内蛍光灯の下では両者が等色に見えるが太陽光の下では両者が異なった色に見えるという問題が生ずることが多い。このように、材料の分光特性が異なる限り、あらゆる照明条件の下で天然歯と等色に見える人工歯を作製することは不可能であるものの、どのような照明条件においてもできるだけ違和感の少ない人工歯を作製し得ることが要求される。

ところで、通常、ある物体をカラーカメラ11により撮影入力してカラーCRT12上に表示させる場合、カラーCRT12上で得られる色情報はカラーカメラ11とカラーCRT12の特性により各々異なり、実際の色とも異なつたものとなる。しかるに、本実施例の如く、同一の照明条件にて照明し同一のカラーカメラ11により入力した天然歯（隣在歯17）とシエードガイド19とを同一のカラーCRT12上で表示させて比較することは、人工歯作製上、極めて有効なものとなる。つまり、カラーCRT12上に表示される天然歯と人工歯との双方の色が実際の色と僅かに異なることになつたとしても、技工士は実際のシエードガイドの色とカラーCRT12上のシエードガイドの色とを対比することができるので、天然歯の色に近い人工歯を作製することが可能となる。ちなみに、技工士は、一般に患者口腔内の天然歯とシエードガイドとが写し出されている1枚のインスタント写真から実際の天然歯の色をある程度推定する能力を有する。又、隣在歯17の色がシエードガイド19にないような時には選択したシエードガイドの色を補正することも可能である。

このようにして得られたカラー画像情報は、フロッピーディスク13などの可搬性情報記憶媒体に記憶される。天然歯又はシエードガイドをカラーCRT12でカラー表示する場合、64階調あれば充分であるが、少なくとも32階調は必要である。即ち、歯牙を16階調程度で表示させた場合には擬似輪郭を生じ、画像としては満足できないものとなるからである。今、480×512画素を32階調でカラー表示させるとすると、必要なメモリ数は、480×512×2^5×3により約3メガバイトとなる。従つて、歯牙1本をカラーCRT12画面上の約1／3の領域に表示する場合には約1メガバイトのメモリが必要となる。一方、1つのシエードガイドの色種を30種類とすると、必要なメモリ数は約30メガバイトとなり、このためのメモリはハードディスクを用いるのがよい。

即ち、指示書方式に代わる本実施例の特徴の1つであり、必要とするメモリ容量が非常に大きい歯牙の色見本となるシエードガイドの各色情報は、コントローラ14等の装置内部の非可搬性のハードディスクメモリに格納させる一方、同一のカラーCRT12上に表示させた個々の患者の隣在歯17のカラー画像情報と選択されたシエードガイドの色情報とはフロッピーディスク13のような可搬性記憶媒体に格納させるものである。よつて、人工歯を作製する上で必要な情報はフロッピーディスク13中に格納されており、持ち運び自由であるので、このフロッピーディスク13が従来の指示書に代わるものとして歯科医・技工士間の伝達媒体となる。

このようにして隣在歯17の色情報とシエードガイド19の番号選択の情報が格納されたフロッピーディスク13を歯科医から技工士に渡し、技工士が技工室にて第2図(e)に示す如くカラーCRT12の画面上に再生する。そして、再生表示画像を参考にして人工歯が作製される。この時、再生画像には天然歯の各領域毎にシエードガイド19の番号が記されているので、隣在歯17に近い人工歯を作製し得る。なお、実際に作製した人工歯を前述した場合の如く照明条件と同一としてカラーカメラ12により撮影入力し、カラーCRT12画面上にシエードガイド記入用歯牙18に代えてこの人工歯画像を表示させ、同一画面表示の隣在歯17と比較させることもできる。

ところで、通常のカメラに組込まれている撮像デバイスは光の明暗に応じた振幅が変化する信号を出力するものであり、これだけではカラー画像を入力させることができない。従つて、カラー信号を得るためのカラーカメラ11としては、例え

ば第４図に示す３板式カラーカメラが用いられる。これは、撮像レンズ２０を通して入射した光を３色分解プリズム２１によりＲ，Ｇ，Ｂに分解し、各々の撮像デバイス、例えばＣＣＤ２２，２３，２４により受光し、Ｒ，Ｇ，Ｂ信号を並列的に得るものである。なお、ＣＣＤ２２が赤Ｒ用、ＣＣＤ２３が緑Ｇ用、ＣＣＤ２４が青Ｂ用である。又、カラーカメラ１１としては第５図に示すような単板式カラーカメラでもよい。これは、撮像レンズ２５を介して入射した光に対し光学ＬＰＦ２６とともに、特殊な色フイルタアレイ２７を用い、１個の撮像デバイス、例えばＣＣＤ２８から色信号を多重した形で同時に得るものである。

つづいて、このようなカラーカメラ１１により撮影したカラー画像をカラーＣＲＴ１２に表示させるための具体的な表示回路構成及び作用を第６図により説明する。まず、カラーカメラ１１より得られた複合カラー映像信号からＲ，Ｇ，Ｂ信号を分離するため色復調回路３０が用いられる。ここに、複合カラー映像信号は輝度信号Ｙ、クロミナンス信号、同期信号、バースト信号を合成したものである。又、色復調回路３０から出力される信号はＲ，Ｇ，Ｂ信号ではなく、各々輝度信号Ｙを差し引いたＲ－Ｙ信号、Ｇ－Ｙ信号、Ｂ－Ｙ信号である。一般に、色復調回路３０から出力されるこれらのＲ－Ｙ信号、Ｇ－Ｙ信号、Ｂ－Ｙ信号は低電圧であるので取扱いは容易である。これらの信号は最終的には、カラーＣＲＴ１２用のカラーテレビ３１中のＲＧＢ出力増幅回路３２で輝度信号Ｙと合成されて、カラーＣＲＴ１２に出力される。

ここで、カラー画像は３フレーム期間で入力するので、色復調回路３０の出力に対しマルチプレクサ３３を用い、Ｒ－Ｙ信号、Ｇ－Ｙ信号、Ｂ－Ｙ信号毎に切換える必要がある。このため、前記カラーカメラ１１からの複合カラー映像信号は水平偏向出力回路・同期分離回路・垂直偏向出力回路３４にも入力され、更に３フレーム期間判定回路３５にて３フレーム期間の判定がなされてマルチプレクサ３３に入力されている。このマルチプレクサ３３により切換えられた信号は加算回路３６により輝度信号Ｙと合成され、映像増幅回路３７、Ａ／Ｄコンバータ３８、データバツフア３９を介してリフレツシユメモリ４０中のＲメモリ、Ｇメモリ、Ｂメモリに各々格納される。更に、リフレツシユメモリ４０中のＲメモリ、Ｇメモリ、Ｂメモリからの出力は各々Ｄ／Ａコンバータ４１、映像増幅回路４２を通してカラーテレビ３１中の前記ＲＧＢ出力増幅回路３２に入力される。この時、ＲＧＢ出力増幅回路３２の輝度信号Ｙ端子にはカラーテレビ１１に接続された映像増幅回路４３からの輝度信号Ｙが入力される。

ここに、カラー画像表示を行なう場合、映像増幅回路４３には画像表示制御回路４４から得られた複合同期信号が同期信号レベル調整回路４５、切換えスイッチ４６を介して入力されるので、輝度信号Ｙは一定となる。

なお、これらの動作はマイクロコンピユータ４７を中心に制御される。まず、同期信号に応じてＡ／Ｄコンバータ３８の動作を制御する画像入力制御回路４８が設けられている。又、画像処理制御回路４９も設けられている。制御回路４４，４８，４９とリフレツシユメモリ４０との間には各々アドレスバツフア５０，５１，５２が介在されている。又、切換えスイッチ５３の操作により動作する動作切換え回路５４により制御されるデータバツフア５５がデータバツフア３９・画像処理制御回路４９間に接続されている。更には、マウス１５に対応するカーソル指定部５６がカーソル制御回路５７を介してＤ／Ａコンバータ４１に接続されている。

このような構成の下に、カラーカメラ１１で撮

影入力したカラー画像をカラーＣＲＴ１２上に再現表示するものである。

効果

本発明は、上述したように隣在歯のカラー画像を表示させる際に、半透明感を選択し、歯牙の半透明領域又は象牙質形状を他の画像部分とは異なる色状態で表示させるようにしたので、人工歯作製上、重要な情報の一つである半透明感を技工士に適切に伝達させることができ、よつて、より違和感の少ない人工歯の作製に寄与するものである。

４．図面の簡単な説明

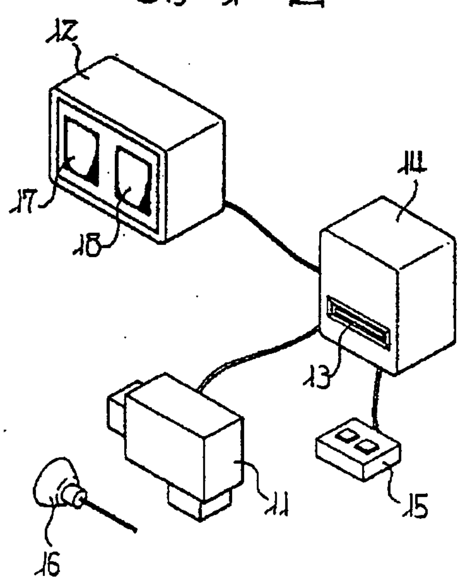
第１図ないし第６図は本発明の一実施例を示すもので、第１図は概略斜視図、第２図は工程順に表示状態を示す概略斜視図、第３図はシエードガイドの概略斜視図、第４図及び第５図はカラーカメラの構造図、第６図はカラー画像表示回路の回路図、第７図は従来例を示す指示書の平面図、第８図は天然歯の色調を説明するための説明図、第９図は従来のシエードガイドのＲＧＢ出力特性図である。

１１…カラーカメラ（カラー画像入力手段）、１２…カラーＣＲＴ（カラー画像表示手段）、１４…コントローラ（制御手段）、１５…マウス（制御操作手段）、１７…隣在歯

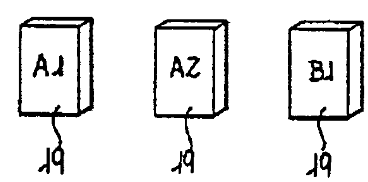
出願人　株式会社　リコー

代理人　柏木　明

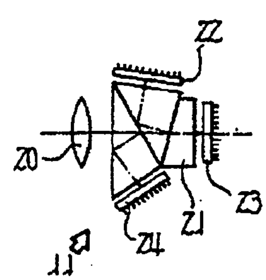
第１図



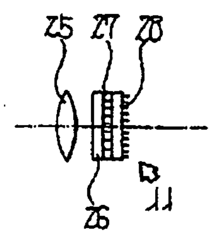
第３図



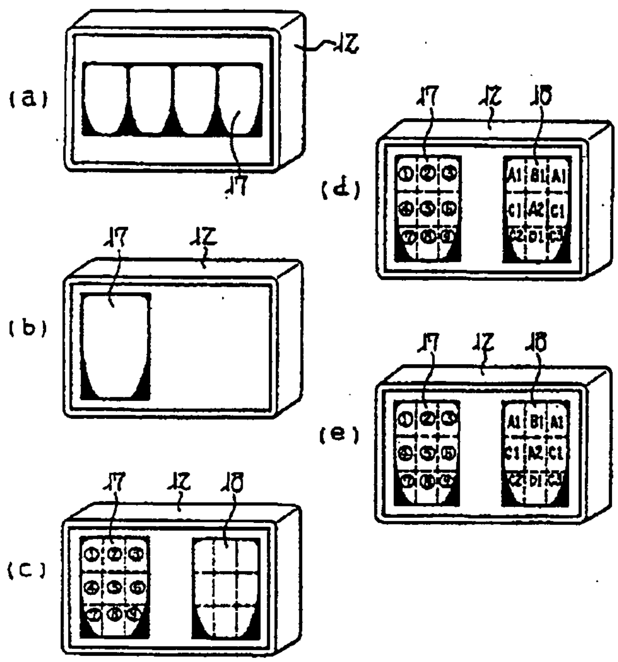
第４図



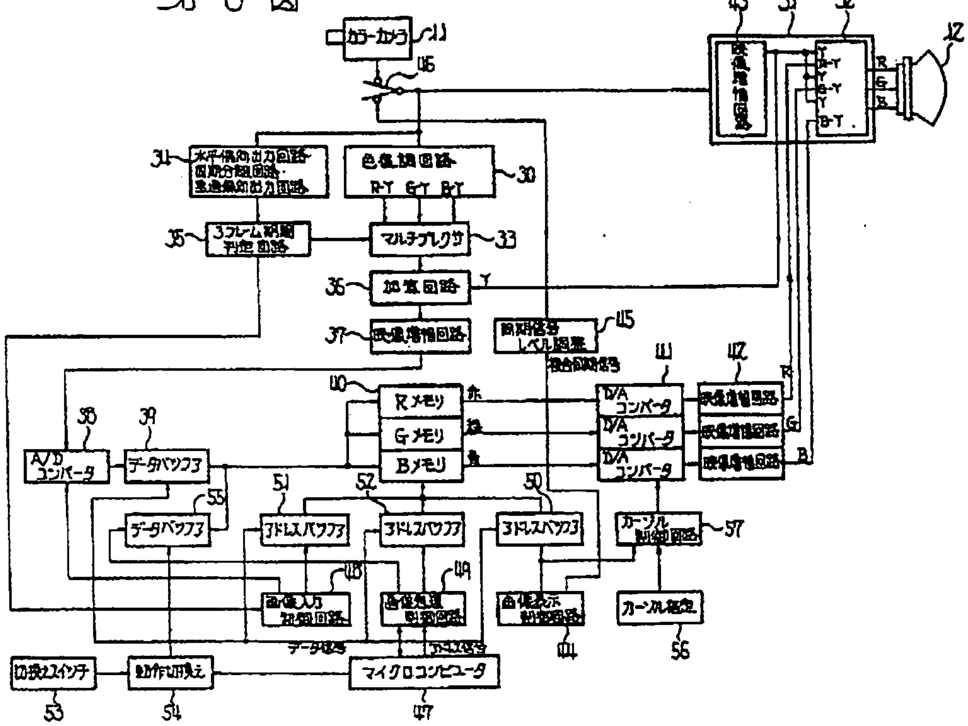
第５図



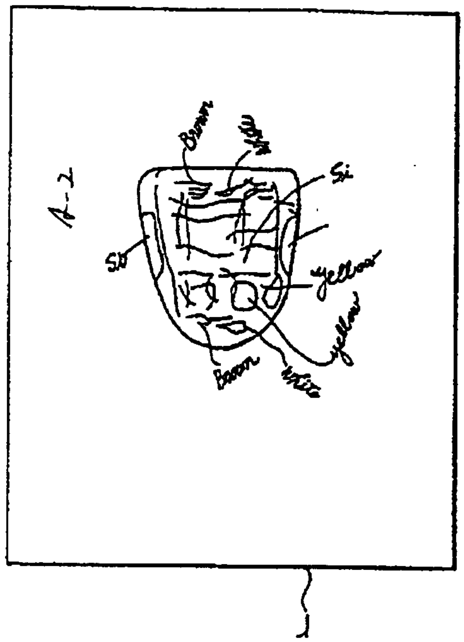
第２図


(a)
(b)
(c)
(d)
(e)

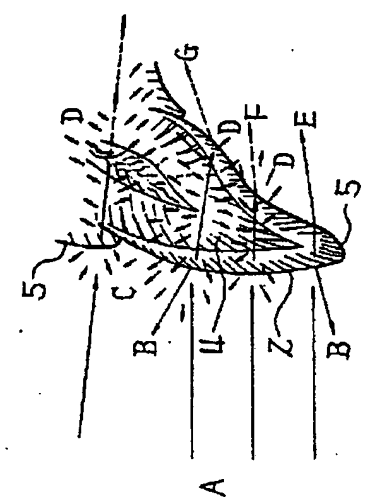
第６図


カラーカメラ
水平偏向出力回路
同期分離回路
垂直偏向出力回路
色復調回路
R-Y G-Y B-Y
3フレーム期間判定回路
マルチプレクサ
加算回路
映像増幅回路
同期信号レベル調整
複合同期信号
Rメモリ
Gメモリ
Bメモリ
A/Dコンバータ
データバッファ
D/Aコンバータ
映像増幅回路
アドレスバッファ
カーソル制御回路
カーソル指定
画像入力制御回路
画像処理制御回路
画像表示制御回路
データ信号
アドレス信号
切換えスイッチ
動作切換え
マイクロコンピュータ

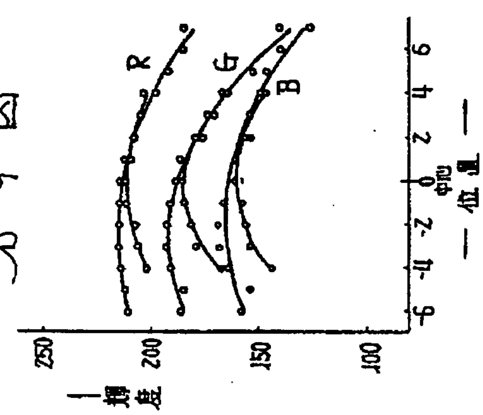
第7図


A-2
Si
Sb
yellow
yellow

第8図


D
G
D
F
E
D
5
5
C
B
B
A

第9図


R
G
B
250
200
150
100
6
4
2
0
-2
-4
-6
輝度
位置
中心

(19) Japan Patent Office (JP) (11) Kokai Publication No.

(12) **Unexamined Patent Application Publication** (A) **S64-52455**

(51) Int. Cl.^{2}	Identification Code	JPO File No.	(43) Kokai Publication Date: February 28, 1989
A 61 C 19/04		J-6859-4C	

Request for examination: Not yet submitted Number of inventions: 1 (12 pages in all)

(54) Title of Invention: Method of determining tooth color used in fashioning artificial teeth

(21) Patent Application No. S62-210616

(22) Filing Date: August 25, 1987

(72) Inventor: Tomohiro OYOKAWA Ricoh Corporation, 1-3-6 Nakamagome, Ota-ku, Tokyo

(72) Inventor: Tadatoshi SAKAMAKI Ricoh Corporation, 1-3-6 Nakamagome, Ota-ku, Tokyo

(72) Inventor: Kensuke YAMAGATA Ricoh Corporation, Showa University, 2-1-1 Senzoku, Ota-ku, Tokyo

(72) Inventor: Masumi IBUSUKI Ricoh Corporation, Showa University, 2-1-1 Senzoku, Ota-ku, Tokyo

(72) Inventor: Atsushi FUKUSHIMA Ricoh Corporation, Showa University, 2-1-1 Senzoku, Ota-ku, Tokyo

(72) Inventor: Hazuhiro MIYAKOSHI Ricoh Corporation, Showa University, 2-1-1 Senzoku, Ota-ku, Tokyo

(71) Applicant: Ricoh Corporation 1-3-6 Nakamagome, Ota-ku, Tokyo

(74) Agent: Akira KASHIYAKI, Patent Attorney

Specification

1. Title of Invention

Method of determining tooth color used in fashioning artificial teeth

2. Claims

A method of determining tooth color used in fashioning artificial teeth, characterized in that color image input means, color image display means, color image storage means, control means, and control operation means are provided; and tooth color reference color information is stored in advance in said color image storage means; and a tooth that will be adjacent to the tooth that is to be fashioned is photographed by said color image input means, which enables illumination of the oral cavity of a patient; and a color image of said adjacent tooth is displayed by said color image display means such that at least the shape of the translucent area of the tooth, or the dentine of the tooth, is shown to differ in color from other parts of the image; and the tooth color of this adjacent tooth is determined by comparison with color reference color information that has been stored in said color image storage means.

3. Detailed Description of the Invention

Industrial Field

The present invention concerns methods of determining tooth color used in fashioning prosthetic artificial teeth in the field of dental care.

Prior Art

Generally speaking, the aesthetic of dentistry is nothing other than the beauty of nature itself. When artificial teeth or prostheses are provided in the front tooth area, it is of the greatest importance that they appear natural. However, it is only very rarely that the color of artificial teeth or prostheses, which are usually made by dental technicians, are sufficiently harmonized with the other teeth in the oral cavity of the patient as to be indistinguishable from them. When the color of artificial teeth, in particular, does not harmonize with that of other teeth in the oral cavity, a problem arises in that the dental technician concludes that the selections of the dentist from the shade guide that is used as a color reference for making artificial teeth were unsatisfactory, and the dentist concludes that color matching with the shade guide as performed by the dental technician was unsatisfactory, so that each blames the other.

Artificial teeth presently in use include: (1) baked porcelain crowns, (2) entirely ceramic crowns, and (3) crowns made using photopolymerized polymer. There are also various materials for partially repairing and supplementing teeth.

Regardless, whether making artificial teeth or supplementing natural teeth, color must be determined. Reference is usually made to the color of the teeth (natural teeth in most cases) that are adjacent to the tooth being treated.

For example, when artificial teeth are to be made, the color of the artificial tooth is matched to that of the adjacent teeth in the oral cavity of the patient by comparing the adjacent teeth to a color reference known as a shade guide. The shade guides sold by various companies each have unique types of color, and shade guides numbers, such as A1, A2, C1, C2, etc., provided. There is no standardization of shade guides among manufacturers thereof, but each shade guide is, generally speaking, constituted in the shape of a tooth, from a material similar to natural teeth. The types of powder, as well as the order and quantities in which they are blended, for the purpose of reproducing each respective shade guide color, are predetermined. A system is thus established whereby artificial teeth that are close in color to the target can be fashioned if the artificial tooth color is selected in accordance with shade guides.

At present, dentists usually select the color of artificial teeth or prostheses in the examination room, based on shade guides. This visual information is then conveyed by the dentist to the dental technician, using a reference chart 1 such as that shown in Figure 7. As can be seen in the illustration, this reference chart 1 includes some relatively detailed expressions. However, if, for example, one such as A2 is selected, from among shade guides including only basic colors, many

imprecise expressions such as "white" and "brown" are used for various areas, so that the visual information as to adjacent teeth that is obtained by the dentist is not conveyed to the dental technician. For this reason, dental technicians sometimes directly examine the oral cavities of patients in the examination room, in order to match the artificial tooth color, when making artificial teeth.

The state inside the oral cavity of the patient in the examination room is thus reproduced in the dental laboratory, and it is expected that visual information can be expressed to a greater degree numerically.

From this perspective, technologies for enlarged color display of the state inside oral cavities of patients are important, and some devices have actually been commercialized. These devices are constituted by systematizing ultra-small CCD color cameras, color televisions, and video players. However, these devices simply provide an enlarged color display of the oral cavity interior, and have no functions that contribute to artificial tooth making.

Although a device that quantifies natural tooth color is commercially available, it is very rarely used in clinical practice.

Herein, natural tooth color will be addressed, with reference to Figure 8. Part of the light, A, that is incident on a natural tooth, 2, is reflected by the surface of the enamel, 3 (specularly reflected light, B, and diffusely reflected light, C), so that gloss and unevenness can be detected, but nearly all of the incident light, A, is transmitted through the enamel, 3, and is incident on the tooth interior. Since the light that is incident on the enamel, 3, is selectively dispersed in transmission through diffusion by minute crystals of hydroxyapatite, the reflected light gives an impression of a high degree of bluish or grayish white translucence, together with an opalescent effect. Since the unique color of the enamel, 3, is further enhanced the thicker it is, the incisal edge, which is almost entirely composed of enamel, 3, shows the unique color of the enamel. There are some cases in which the extremity of the incisal edge is so lacking in thickness that it is almost completely transparent. On the other hand, while a portion of the light that is transmitted through the enamel, 3, and reaches the border between the dentine, 4, and the dentinoenamel junction, is diffused in that area, the yellow orange and orange that is the unique spectrum thereof is reflected toward the vestibular surface of the tooth. In the central part, wherein the enamel, 3, is thick, the unique enamel color is seen as mixed with the color of the dentinoenamel junction and the dentine, 4, but the effect of the unique enamel color is attenuated closer to the neck of the tooth (the part close to the gingiva, 5), and the color of the dentinoenamel junction and the dentine. 4. is strongly reflected. In Figure 8, D represents diffusely transmitted light, E represents directly transmitted light (specularly transmitted light), F represents specularly transmitted light that is attenuated in the dentine, 4, and G represents specularly transmitted light that is very attenuated. A red tint is also added in the vicinity of the neck of the tooth, as an effect of the color of the gingiva, 5. The light transmitted from the lingual surface of the tooth diminishes the intensity of light that is reflected toward the vestibular surface of tooth, which results in a darkening of the natural tooth, 2. Otherwise, the finger-shaped structure of the

dentine, 4 in the incisal edge is seen to stand out in sharp outline against the highly transparent enamel, since it is highly reflective, and hypocalcified areas in the enamel, 3, as well as areas that have been decalcified by caries and the like, diffuse light, and thus appear as white bands and spots. In addition, the natural tooth, 2 has pronounced fluorescence, and emits a beautiful yellow and blue fluorescent light when irradiated with ultraviolet light.

That is, the natural tooth is translucent with respect to visible light, and the color of the natural tooth varies greatly, depending on both illumination conditions and the direction of observation, since multiple diffusions of light penetrating the interior of the tooth occur repeatedly due to apatite crystals in the enamel. Meanwhile, existing tooth color measuring devices measure changes in tooth color due to multiple diffusions of this kind only under certain limited conditions, and are inadequate for obtaining the characteristic values of natural teeth needed for fashioning artificial teeth. Existing tooth color measuring devices are for this reason very rarely used in clinical practice.

It is therefore extremely difficult to accurately represent the color of natural teeth (adjacent teeth). However, the reason that the color of artificial teeth does not harmonize with that of the other teeth in the oral cavities of patients is related to the way in which tasks in prosthesis are divided, at present, between the dentist, who determines the color of the artificial tooth, and the dental technician, who fashions the artificial tooth, and a major factor is the imprecision of information conveyed between them using a reference chart 1.

Selection of tooth translucence (degree of translucence and the range thereof) is therefore a very important item of data for fashioning artificial teeth. In this respect, it is difficult to select translucence based on visual determination, using conventional shade guides.

Object

Taking the foregoing points into account, the object of the present invention is to provide a method of determining tooth color used in fashioning artificial teeth that will enable precise determination of the color of artificial teeth and prostheses, with reference to the color of adjacent teeth, as well as precise selection of tooth translucence for fashioning artificial teeth and prostheses, thus contributing to fabrication of artificial teeth and prostheses that more closely resemble natural teeth.

Constitution

In order to achieve the aforementioned object, the present invention is a method of determining tooth color used in fashioning artificial teeth, characterized in that color image input means, color image display means, color image storage means, control means, and control operation means are provided; and tooth color reference color information is stored in advance in the color image storage means; and a tooth that will be adjacent to the tooth that is to be fashioned is photographed by the color image input means, which enables illumination of the oral cavity of a patient; and a color image of the adjacent tooth is displayed by the color image display means such that at least

the shape of the translucent area of the tooth, or the dentine of the tooth, is shown to differ in color from other parts of the image; and the tooth color of this adjacent tooth is determined by comparison with color reference color information that has been stored in the color image storage means.

In the following, an embodiment of the present invention will be described, with reference to Figures 1 through 6. Firstly, Figure 1 shows a schematic view of the constitution of the tooth color display device used to implement the present embodiment. This device comprises a color camera, 11, as color image input means, a color cathode ray tube (CRT), 12, as color image display means, a floppy disk, 13, a controller, 14, as control means, and a mouse, 15, as control operation means. A light source, 16, that illuminates the oral cavity of a patient during photography with the color camera, 11, is also provided.

The basic function of this sort of device is to determine the color of the artificial tooth that is to be fashioned by comparing, on the same color CRT, 12, screen, a color image of the shade guide and a color image of the natural teeth in the oral cavity of the patient, which are input by the same color camera, 11, under standard lighting conditions. At this time, it is possible to compute the color difference between two points by obtaining R, G and B signals from arbitrarily selected points on the color image, and to select the shade closest to an adjacent tooth, which serves as a color reference for fashioning the artificial tooth. For this purpose, shade guide color images, as well as R, G and B signals from various points, are stored on the internal hard disk memory (color image storage means) of the device; color information from color images of the adjacent tooth, as well as the numbers and the like of shade guides, after selection, are stored on a portable storage medium, such as the floppy disk, 13. This portable storage medium becomes a medium for conveying information from the dentist to the dental technician, instead of a reference chart. There is also no particular need for a light source if the examination room and dental laboratory lighting, including the intensity thereof, are the same, provided by super-high color rendition fluorescent lights (FL-EDL), for example. Control operation means are also not limited to the mouse, 15.

The following is a description of the present embodiment procedure, using the aforementioned constitution, as illustrated in Figure 2.

(1) First of all the interior of the oral cavity of the patient, and particularly the teeth adjacent to the tooth that is to receive care, are photographed in the examination room, using color camera, 11, while illuminated under standard lighting conditions, and displayed on the screen of the color CRT, 12, via the controller, 14, as shown in Figure 2(a). In the drawing, multiple teeth are shown on the color CRT, but among these, the tooth shown as 17 is the adjacent tooth on which attention will focus.

Herein, moisture is removed from the tooth surface, using gauze or the like, when the oral cavity is photographed. The angle between the tooth and the color camera, 11, is adjusted with respect to the illumination from the light source, 16, so that the light that is directly reflected from the tooth is greatly reduced. Photographs can be taken with a particularly low level of light directly

reflected from the tooth if a polarizing filter is used with the light source, 16, and the color camera, 11. The reason for this is that when adjacent tooth, 17, is used as a reference for fashioning an artificial tooth, surface structure and translucence, in addition to color, are important issues. As regards tooth surface structure, there are white bands that are visible on natural teeth, and enamel scoring wherein organic matter is trapped in flaws in the enamel (enamel lamellae), for example, and these change with aging. Reproduction of the color of the natural tooth is maintained to some extent if it is photographed using the color camera, 11, under ordinary illumination, and displayed on the color CRT, 12, but the microstructure of the tooth surface is difficult to reproduce, because of the light reflected therefrom. When a polarizing filter is interposed between the light source, 16, and the color camera, 11, there is very little directly reflected light effect resulting from illumination, enabling reproduction of the microstructure of the tooth surface.

(2) Next, an enlarged view of the tooth, 17, that is adjacent to the tooth receiving care is displayed on the color CRT, 12, and shifted to an appropriate position on the screen, as shown in Figure 2(b). The color of an adjacent tooth, 17, such as this one, is used as a color reference for fashioning the artificial tooth. The display status shown in Figure 2(a) may also be eliminated, and the expanded display shown in Figure 2(b) employed immediately. In order to avoid the aforementioned light directly reflected from the tooth when inputting images, image processing may be utilized as necessary to eliminate the directly reflected light component. Tooth image processing, such as edge enhancement, may also be implemented.

(3) Next, the adjacent tooth, 17, that is displayed in expanded view on color CRT, 12, is divided into sections with dotted lines, as shown in Figure 2(c). The tooth is divided into sections in this way in order to substitute a shade guide color for each section, since, as discussed above, the adjacent tooth (natural tooth) is not constituted entirely of a uniform color. That is, the color of the artificial tooth is determined with reference to that of the adjacent tooth, but the color of the natural tooth (adjacent tooth) varies between the neck of the tooth close to the gingiva, the central area, and at the incisal edge. The color information necessary for fashioning artificial teeth could not be obtained with precision using conventional methods, wherein only the basic color (for example, B2) of the adjacent tooth is selected from among shade guides that serve as color references. The adjacent tooth, 17, which is to serve as a color reference for fashioning artificial teeth, is therefore divided into sections, and a shade guide is substituted for each section. The procedure by which this adjacent tooth, 17, is divided, and the number of sections, are optional, but as indicated by sections (1) through (9) in Figure 2(c), for example, it appears that the minimum requirement is 9 sections or so. On the same screen of the color CRT, 12, on which the adjacent tooth, 17, is displayed divided into sections, the artificial tooth that is to be fabricated is also shown in simplified form at the same time, next to the adjacent tooth. The purpose of this is to record the color of the artificial tooth that is to be fabricated, with reference to the color of the adjacent tooth, 17. Herein, a tooth, 18, for recording a shade guide is displayed. This tooth, 18, for recording a shade guide is divided into sections corresponding to the sections into which the adjacent tooth, 17, is divided, and the shade

guide colors or shade guide numbers for sections of the tooth, 18, for recording a shade guide that correspond to sections of the adjacent tooth, 17, are recorded.

At this point, there is a function that compares, on the same color CRT, each of the sections into which the adjacent tooth, 17, which is the color reference for the artificial tooth, is divided, to [the corresponding] section of the shade guide that serves as a tooth color reference, and replaces each section of the adjacent tooth with a shade guide. The two are then quantitatively compared, using the R, G and B signals of the color images, and the shade guide number that has been selected for each section of the adjacent tooth, 17, may be recorded, once all sections have been automatically replaced with shade guide numbers (that is, as shown in Figure 2(b) [sic]). It is also necessary to display on the color CRT, 12, screen the shape of the tooth regarding which results of color comparison with the adjacent tooth, 17, that is, the artificial tooth that is to be fashioned, are recorded, if all sections of the adjacent tooth, 17, are replaced with shade guide colors or numbers, based on visual determination by a dentist. The shape of the artificial tooth (18, for recording a shade guide) is therefore displayed on color CRT, 12. At this point, the shape of the adjacent tooth, 17, that is used as a color reference may be used as it is, as the shape of the artificial tooth that is displayed together with the adjacent tooth, 17. This is because adjacent teeth usually have a similar odontogenesis. However, when the shape of the artificial tooth to be fashioned is drastically different from that of the adjacent tooth, 17, the contour and shape are usually stored in advance in the non-portable storage means (hard disk memory) inside of the color image storage means in the device, according to the type of tooth. It may be retrieved from this memory and displayed.

The most difficult aspect of determining the color of the natural (adjacent) tooth is ascertaining the translucence thereof (the degree of translucence and the range (shape) thereof). The kind of translucence that the natural tooth has, and the shape that the translucent area assumes are very important items of information for the dental technician. If the natural tooth is photographed at this point, using the color camera, 11, and displayed on the color CRT screen, the translucence of the natural tooth under the prevailing lighting conditions can be reproduced to some degree. Other information concerning the natural tooth can be added by varying lighting conditions in the oral cavity and natural tooth backgrounds, and this data will be useful in fashioning artificial teeth. It is especially effective to constitute members that are connected to the color camera that is inserted into the oral cavity when photographing the interior of the oral cavity of the patient of a uniformly high density color, since the translucence is clearer if the rear (background) of the tooth is constituted of high density colors. In particular, information that indicates translucence is included in the RGB signals that are the color image information read from the natural tooth by the color camera, 11. By varying lighting conditions and background colors, clearer signals can be obtained. A fixed distance between the adjacent tooth, 17, and the color camera, 11, is preferred when photographing and inputting [an image of] the adjacent tooth, 17, inside the oral cavity, using the color camera, 11. Increasing the image information input also necessitates varying the angle between the adjacent tooth, 17, and the color camera, 11. It is acceptable, for this purpose, to secure the color camera, 11,

and the members that are connected thereto, to the patient, thus providing a point of support, and making it possible to vary the angle between the adjacent tooth, 17, and the color camera, 11.

Selection of the translucence of the tooth provides a very important item of data for fashioning the artificial tooth. It is difficult to select translucence by visual judgement, based on shade guides, as in the conventional methods. In the present embodiment, translucence is selected, and the shape of the translucent area of the natural tooth (adjacent tooth 17) can be distinguished from other areas displayed on the color CRT, 12, screen by varying the colors, for example. This information will prove to be extremely useful data, since it can be reproduced in the same form by the dental technician. In regard to this point, there is no translucence in areas in which there is dentine; the translucence manifests in the incisal edge. Instead of the translucent area, therefore, displaying the shape of the dentine of the tooth on the color CRT, 12, screen, so that it can be distinguished from other areas, has the same effect.

(4) Thus, all areas of the artificial tooth (18, for recording a shade guide) are replaced with shade guides, as shown in Figure 2(d), based on visual observation, while consulting the color distribution of the adjacent tooth, 17, which is displayed on the color CRT, 12, screen, as shown in Figure 2(c). Herein, the shade guide numbers A1, B1, etc., are displayed, but it is also acceptable to replace the sections with shade guides colors. In a specific example, when determining the color of section (1) of the adjacent tooth, 17, shade guide colors for the section of tooth, 18, for recording a shade guide, which is displayed on the right side, are displayed sequentially, and these colors are compared on the screen to the color of section (1) of the adjacent tooth, 17. The shade guide that matches, or nearly matches, is then specified. The area of the screen in which the shade guides are displayed is optional. For example, it may partially overlap the area for adjacent tooth, 17, to which the shade guides are compared.

The color of section (1) of the adjacent tooth, 17, can be automatically determined by obtaining the R, G and B signals from section (1) of the adjacent tooth, 17, and comparing these to the R, G and B signals of each of the shade guides, which are color references that are input and stored in advance for fashioning artificial teeth. That is, color information from arbitrary points on the color image that is displayed on the color CRT, 12, is expressed numerically, and a tooth color reference that minimizes the difference from the color input for the tooth in the oral cavity is automatically selected. At this time, colors may be compared according to an RGB color system derived from these R, G and B signals, or else r, g and b signals may be obtained from the R, G and B signals. Conversion to another color system, such as an XYZ system, with an automatic selection of a shade guide that minimizes the color difference, is also acceptable.

When the shade guide corresponding to each section of the adjacent tooth, 17, is selected automatically in this way, the aforementioned tooth, 18, for recording a shade guide is not needed, and shade guide numbers may be entered directly into the sections of the adjacent tooth, 17.

The R, G and B signals thus associated with shade guides, or data of another color system, such as an XYZ system, can be stored in advance in the internal memory of the device.

The shade guides that are presently in use are not entirely constituted according to uniform colors, and there are microscopic uneven areas on the surfaces thereof. While all of these shade guides are photographed by the color camera, 11, under standardized lighting conditions, the R, G and B output of each point (position) on a shade guide differs, as shown in Figure 9. Figure 9 shows the output properties of a shade guide in A1 mode, for example. Shade guides are usually tooth-shaped constitutions, and even if only a part thereof is observed under uniform lighting conditions, the lighting conditions lose uniformity, and there are apparently some effects, though slight, of these differences in lighting condition.

To unambiguously determine shade guide color, therefore, it is best to use a material with approximately the same spectral characteristics as the natural tooth, and that is constituted in a uniform color. Hence, as shown in Figure 3, flat plate shade guides, 19, comprising this sort of material and color, are used in the present embodiment. That is, flat plate shade guides, 19, are formed such that the color reference surface is flat, and the R, G and B output from this surface has little variation. In addition, color information obtained in regard to shade guide, 19, when the illumination conditions are varied, and when the relative positional relationship of color camera, 12, [sic] and shade guide, 19, especially the angle, is varied, that is, R, G and B data, can be very useful as data if it is stored in advance in the internal memory of the device.

There are also some areas of translucence in some of the shade guides that are presently in use, but in fact, shade guides are selected according only to the basic color of the adjacent teeth; translucence is rarely a criterion for selecting shade guides. Flat shade guides of graduated translucence, for the purpose of selecting translucence, would therefore be useful when fashioning artificial teeth.

If the example illustrated in Figure 2(d) is such that a single adjacent tooth, 17, is displayed in a area representing approximately 1/3 of the screen of the color CRT, 12, which is constituted with 480 pixels vertically and 512 pixels horizontally, each area, divided into 9 parts, would have approximately 100 pixels vertically and 50 pixels horizontally. This would be equivalent to 5000 pixels overall. The tooth, 18, for recording a shade guide would be similar. Under these conditions, one procedure would be to receive 5000 pixels of R, G and B signals to determine the R, G and B signals for section (1), for example, and then compute the mean of these. Even if gauze is used to remove moisture from the surface of the natural tooth (adjacent tooth 17), some moisture, however small an amount, may remain, due to microscopic uneven areas on the surfaces thereof, to be partially picked up in the natural tooth image displayed on the color CRT, 12, as directly reflected light. There are therefore areas with extremely high R, G and B signal parameters, when measuring R, G and B signal images, and data of this kind is a factor giving rise to errors when measuring the color of natural teeth.

According to results of actual measurements of natural teeth and shade guides, variation is such that the standard deviation, which represents variation in R, G and B data, is approximately 0.8 to 6.0. If there is little variation in the data, it is acceptable to use the mean of the R, G and B signals

from the relevant area, but if there is a large variation, there will be less error if the mode value is selected. Therefore, it is also useful to display a histogram of the R, G, and B signals from the relevant area on the color CRT, 12, to check data variation.

If R, G and B signals are obtained from each area of the adjacent (natural) tooth, 17, shade guides can be matched automatically to the adjacent tooth, 17, through comparison with predetermined R, G and B signals from each shade guide, 19, as discussed above.

The spectral characteristics of materials used to fabricate artificial teeth are especially close to the spectral characteristics of natural teeth, but the match is not perfect. There are many cases in which there are problems in that a natural tooth (adjacent tooth) and an artificial tooth seem to be of the same color when compared under indoor fluorescent lighting conditions, but appear to be different in color when viewed in sunlight. While it is thus impossible to fashion artificial teeth that will appear to be the same color as natural teeth under all lighting conditions, insofar as the spectral characteristics of the materials are different, it is essential to be capable of fashioning artificial teeth that will cause as little embarrassment as possible under any lighting conditions.

If, as is usual, an object is photographed and input by the color camera, 11, and displayed on the color CRT, 12, the color information that is obtained from the color CRT 12 will vary in various ways according to the properties of the color camera, 11, and the color CRT, 12, and thus will differ from the actual color. It would therefore be very useful in fashioning artificial teeth if, as in the present embodiment, the natural tooth (adjacent tooth 17) and shade guide, 19, which have been input by the same color camera, 11, while illuminated under the same lighting conditions, were displayed and compared on the same color CRT, 12. Thus, even if the color of both the natural tooth and the artificial tooth as displayed on the color CRT, 12, are slightly different from the actual color, the dental technician will be able to compare the actual shade guide color to the shade guide color as displayed on the color CRT, 12, and will thereby be able to fashion an artificial tooth that is close in color to the natural tooth. Incidentally, technicians usually have the ability to surmise the actual color of the natural tooth from a single instant photograph of the natural tooth inside of the oral cavity of the patient, and of the shade guide. The selected shade guide colors can also be supplemented if the color of the adjacent tooth, 17, is not in the shade guide.

The color image information obtained in this way is stored on a portable information storage medium, such as a floppy disk, 13. If a natural tooth or shade guide is displayed in color on a color CRT, 12, 64 gradations are sufficient, but a minimum of 32 gradations are essential. This is because false contours arise, rendering the image unsatisfactory, if the tooth is displayed at a 16 gradations level or less. At present, the memory space required to display a color image of 480 $\times$ 512 pixels with 32 gradations is 480 $\times$ 512 $\times$ 2^5 $\times$ 3 = approximately 3 megabytes. Displaying the image of a single tooth in 1/3 of the area of a color CRT 12 screen would therefore require approximately 1 megabyte of memory space. On the other hand, if a single shade guide has 30 colors, it would require approximately 30 megabytes of memory space, and it would be better for this reason to use hard disk memory.

That is, all of the colors in the shade guides that are one of the characteristics of the present embodiment, replacing the reference chart system, and which are a tooth color reference requiring a very large amount of memory space, are stored in the non-portable hard disk memory that is inside a device such as the controller, 14, whereas the color image information for the adjacent tooth, 17, of an individual patient, and the color information for the selected shade guide, are stored on a portable storage medium such as a floppy disk, 13. The information required for fabrication of the artificial tooth is thus stored on a floppy disk, 13, and since it is easily portable, this floppy disk, 13, replaces the conventional reference chart as a means of conveying information between dentists and dental technicians.

(5) Thus, the dentist gives the dental technician the floppy disk, 13, on which the color information for adjacent tooth, 17, and the shade guide, 19, number selection information are stored, and the dental technician reproduces the information on the color CRT screen in the dental laboratory, as shown in Figure 2(e). The artificial tooth is fashioned with reference to the display image that is reproduced. At this time, a shade guide, 19, number is recorded in each of the sections of the natural tooth in the reproduced image, so that an artificial tooth that is close to the adjacent tooth, 17, can be fabricated. The artificial tooth that is actually fabricated is photographed and input by the color camera, 12 [sic], as in the aforementioned case, and an image of the artificial tooth is displayed on the color CRT, 12, screen instead of the tooth, 18, for recording a shade guide, so that it can be compared with the adjacent tooth, 17, which is displayed on the same screen.

Imaging systems that are integrated into ordinary cameras output signals the amplitude of which varies according to the presence or absence of light, and color images cannot be input by this means alone. Hence, a 3-plate color camera, for example, as shown in Figure 4, can be used as the color camera, 11, for receiving color signals. Herein, incident light transmitted via imaging lens, 20, is separated by color separation prism, 21, into R, G and B signals. Individual imaging devices, for example, charge coupled devices (CCDs). 22 through 24, receive light, so that R, G and B signals are received concurrently. CCD 22 is used for the red signal, R, CCD 23 for green, G, and CCD 24 for blue, B. A single plate color camera is also acceptable as the color camera, 11. Herein, using an optical low pass filter (LPF), 26, and a special color filter array, 27, color signals corresponding to light that is incident via an imaging lens, 25, are received simultaneously in multiplexed form from a single device, for example, CCD 28.

Next, the constitution and operation of a specific display circuit for displaying on color CRT, 12, a color image that has been photographed by a color camera, 11, of this kind will be described, based on Figure 6. First, a color demodulator circuit, 30, is used to separate R, G and B signals from the composite color image signal received from color camera, 11. At this point, the composite color image signal is a synthesis of a luminance signal, Y, a chrominance signal, a synchronization signal, and a burst signal. The signals that are output from the color demodulator circuit, 30, are an R-Y signal, a G-Y signal and a B-Y signal, from each of which the luminance signal, Y, has been subtracted, rather than the R, G and B signals. These R-Y, G-Y and B-Y signals that are output from

the color demodulator circuit, 30, are usually easy to process, since they are of low voltage. The signals are finally synthesized with the luminance signal, Y, by RGB output amplification circuit, 32, in the color television, 31, that is used for the color CRT, 12, and then output to the color CRT, 12.

Herein, the color image is input in 3 frame times, so that it is necessary to switch for each of the R-Y, G-Y and B-Y signals, with respect to the output from the color demodulator circuit, 30, using the multiplexer, 33. The composite color image signal output from the aforementioned color camera, 11, is also input to the horizontal deflection circuit/synchronizing separation circuit/vertical deflection circuit, 34. The 3 frame times are determined by the 3 frame time determination circuit, 35, and input to the multiplexer, 33. These signals, which have been switched by the multiplexer, 33, are synthesized with the luminance signal, Y by the adding circuit, 36, and are stored in the R memory, G memory and B memory, respectively, in the refresh memory, 40, via the image amplification circuit, 37, the A/D converter, 38, and the data buffer, 39. The output from the R memory, G memory and B memory in the refresh memory, 40, are each input to the aforementioned RGB output amplification circuit, 32, in the color television, 31, via the D/A converter, 41, and the image amplification circuit, 42. At this time, the luminance signal, Y, from the image amplification circuit, 43, is input to the luminance signal, Y, terminal of the RGB output amplification circuit, 32.

When a color image is displayed at this point, the composite synchronization signal that has been received from the image display control circuit, 44, is input to the image amplification circuit, 43, via the synchronization signal level regulating circuit, 45, and the switch, 46, so that the luminance signal, Y, is constant.

These operations are mainly controlled by the microcomputer, 47. First, an image input control circuit, 48, is arranged to control the operation of A/D converter, 38, in accordance with the synchronization signal. Image processing control circuit, 49, is also provided. Address buffers, 50, 51 and 52, are interposed between, respectively, control circuits, 44, 48 and 49, and refresh memory, 40. The data buffer, 55, which is controlled by operation switching circuit, 54, through manipulation of the switch, 53, connects the data buffer, 39, to the image processing control circuit, 49. The cursor indicator, 56, that corresponds to the mouse, 15, is connected to D/A converter, 41, via cursor control circuit, 57.

In this type of constitution, the color image that is photographed and input by the color camera, 11, is reproduced and displayed on the color CRT, 12.

Effect

When a color image of an adjacent tooth as recited above is to be displayed, the present invention selects translucence, and displays the color status of the translucent section or the shape of the dentine, which differs from that of other areas of the image. It is therefore possible to properly convey translucence, which is an item of information that is important to fashioning artificial teeth, to dental technicians, thereby contributing to the fabrication of artificial teeth that cause less embarrassment.

4. Brief Description of the Drawings

Figures 1 through 6 show an embodiment of the present invention. Figure 1 is a simplified perspective view. Figure 2 is a simplified perspective view showing display status in process sequence. Figure 3 shows simplified perspective views of shade guides. Figures 4 and 5 are structural diagrams of color cameras. Figure 6 is a circuit diagram of a color image display circuit. Figure 7 is a plan view of a reference chart showing a conventional example. Figure 8 is an explanatory drawing that is used to describe the color of a natural tooth. Figure 9 is an RGB output characteristic chart for conventional shade guides.

11: color camera (color image input means); 12: color CRT (color image display means); 14: controller (control means); 15: mouse (control operation means); 17: adjacent tooth

Applicant: Ricoh Corporation
Agent: Akira KASHIYAKI [corporate seal]

Figure 1
[numbering as in original]

Figure 3

Figure 4

Figure 5

Figure 2

Figure 6

11 color camera
30 color demodulator circuit
33 multiplexer
34 horizontal deflection circuit/synchronizing separation circuit/vertical deflection circuit
35 3 frame time determination circuit
36 adding circuit
37 image amplification circuit
38 A/D converter
39 data buffer
40 R memory | red

G memory | green

B memory | blue

41 D/A converter

D/A converter

D/A converter

42 image amplification circuit

image amplification circuit

image amplification circuit

43 image amplification circuit

44 image display control circuit

45 synchronization signal level regulating [circuit]

[below 45:] composite synchronization signal

47 microcomputer

48 image input control circuit

[below 48:] data signal

49 image processing control circuit

[below 49:] address signal

50 address buffer

51 address buffer

52 address buffer

53 switch

54 operation switching circuit

55 data buffer

56 cursor indicator

57 cursor control circuit

Figure 7

Figure 8

Figure 9

[vertical axis:] luminance

[horizontal axis:] Center

— Position —